

### 3.4.9 Daggmaskar

Hans Larsson, SLU

#### Inledning

Markfaunan har stor betydelse för bördighet och struktur och på sikt för att upprätthålla höga skördar i sockerbetsodlingen.

Markfaunan består till stor del av destruerer som omvandlar det organiska materialet till lätt-tillgänglig växtnäring. Den viktigaste gruppen är daggmaskar.

I dagens jordbruk, och då i synnerhet i sockerbetsodlingen, används allt större och tyngre maskiner. Detta resulterar på många platser i packnings- och strukturskador i matjord och i alv med bl.a. försämrade rotutveckling, försämrade tillgänglighet av vatten och växtnäring, en försämrade vatteninfiltration och därmed ökade bearbetningskostnader som följd. Ju högre halt av ler det är i jorden ju högre är känsligheten för packning.

En förutsättning för att kunna höja skördarna i sockerbetsodlingen är en god markstruktur och en rik markfauna. Dessa två faktorer växelverkar genom att faunan förbättrar strukturen och en god struktur gynnar faunan.

#### Markfysik

Daggmaskarna blandar om jorden och ökar volymen luftporer, jordens porositet, dess vattenhållande förmåga och dränering (Clive et al., 1988). När jorden passerat genom daggmasken ökar tillgängligheten av samtliga näringsämnen för växterna till följd av nedbrytningseffekterna. Exkrementerna fungerar också som lim och stabila lerhumuskomplex bildas. Daggmaskarna kan stabilisera jordens struktur genom att den intagna jorden uppblandas med humifierat organiskt material (Tisdall & Oades, 1982). Daggmaskar ökar både storleken och stabiliteten hos jordaggregat, speciellt i orörda jordar (Brady, 1974; Marinissen, 1994).

#### Packning

Markpackning med jordbruksmaskiner minskar förekomsten av daggmaskar (Sochtig & Larinck, 1992) och får över huvud taget stora biologiska effekter på markfaunan (Whalley, Dumitru & Dexter, 1995). *Lumbricus terrestris* har visats kunna göra gångar i jord som varit packade till en jordvolym på 40 %. I samma undersökning fanns det korrelation mellan djupet på gångarna och den mätade vattengenomsläppligheten (Joschko, Diestel & Larink, 1989). I packningsförsök där obehandlade parceller skötts med vinsk, dvs utan packning, var biomassan av daggmaskar signifikant större (Boström, 1986).

Förhållandet mellan daggmaskpopulation, markfysik och odlingsteknik undersöktes på 10 lokaler med lössjord söder om Hannover. Genom multipel regression kunde det påvisas att antalet daggmaskgångar i matjorden var relaterat till sandhalten, bulkdensiteten i plogsulan och antalet tonkm/ha. Biomassan av daggmaskar var relaterad till antalet plöjningar och organisk gödsling. Antalet daggmaskar var också relaterat till antalet plöjningar, antalet tonkm/ha och antalet traktortimmar med traktorer över 120 hästkrafter (Poier & Richter, 1991).

## Näringsämnen

Daggmaskar deltar effektivt i näringsämnenas recirkulering. Speciellt för fosfor och kväve är detta välkänt men har också uppmärksammats för kalium (Mohammed, 1995).

Daggmaskarna bidrar till att öka halten mineralkväve i jorden genom exkretion, mucusproduktion och mortalitet. Bidraget har uppskattats till 3-4 g mineral N/m<sup>2</sup> och år (Curry, Byrne & Boyle, 1995).

Exkrementer av daggmaskar hade mycket mer utbytbart K, Ca, Mg och P än ytjorden (Czervinsky, 1974). Utbytbart K ökade signifikant i jorden med ökad daggmaskaktivitet, vilket beror på att daggmaskarna ändrar jämvikten mellan kaliumjoner till fördel för mer tillgängliga joner (Basker, MacGregor & Kirkman, 1992)

## Organisk gödsling

All organisk gödsling, inbegripet flytgödsel, ökar födotillgången för daggmaskarna. (Eiler, Vetter, Przemek & Beck, 1991). Vad det gäller flytgödsel finns det dock en del negativa effekter rapporterade. Exempelvis hade höga givror av flytgödsel från svin negativ inverkan på daggmaskar (Bieri & Besson, 1986, Bieri & Besson, 1987).

## Ekologi

Förekomsten av daggmaskar styrs av växtslag (t ex baljväxter gynnar daggmaskar), tillförsel av organisk substans och användning av pesticider (Daughbjerg et al., 1987).

Rötter och daggmaskar har visats samverka så att rötterna utnyttjar till stor del daggmaskgångar och daggmaskarna utnyttjar rotkanaler när de tar sig fram i jorden (Springett & Gray, 1997).

Anektiska arter lever i halvpermanenta gångar som mynnar på ytan där de provianterar. Dessa gångar utgör vertikala kanaler för vatteninfiltration och gasutbyte. Den vanligaste arten i denna gruppen är *Lumbricus terrestris*. Endogeiska arter, som kontinuerligt gör gångar i sitt födosökande, bidrar med mer horisontella nätverk av makroporer som förenklar vattenrörelser och gasutbyte. Om båda grupperna finns i jorden erhålls synergistiska effekter eftersom de endogeiska arterna utnyttjar mycket av det organiska materialet som dras ner i jorden av *Lumbricus terrestris* (Lee & Foster, 1991).

De viktigaste faktorerna som gynnar olika daggmaskarter har visats vara pH, kalcium, magnesium, aluminium, C/N-kvoten och mullhalten (Briones, Mascato & Mato, 1995).

Daggmaskarna gynnar förekomsten av övrig markfauna som collemboler (Wickenbrock & Heisler, 1997).

Effekter av att ta bort olika komponenter av markfaunan studerades vid etablerandet av en klövergräsvall. Barriärer med olika nätstorlekar höll mullvadar, daggmaskar och/eller övrig makro- och mesofauna borta. Att ta bort olika delar av markfaunan ökade rotlängd och gräskörd. Att ta bort daggmaskarna ökade skörden lika mycket som att ta bort hela markfaunan. Förklaringen till detta antog man vara att sniglar och harkrankar hade svårt att röra sig utan

daggmaskgångar (Sackville-Hamilton, Cherrit & Atkinson, 1991), vilket reducerade de negativa effekterna av skadedjuren.

Pesticider användes i gräsmarker för att hålla borta skadedjur och daggmaskar under flera år. Initialt som ett resultat av mindre antal skadedjur ökade gräskörden. Efter 10 års användning minskade skördarna i de obehandlade leden. Den minskade skörden berodde troligen på ökande "bulk density" i marken och minskande vatteninfiltration som en konsekvens av den långa frånvaron av daggmaskar (Clements & Lee, 1982).

Markfaunan i åkerjorden påverkar alltså både markstruktur och bördighet. Det är speciellt de djupgrävande daggmaskarna som genom sina gångsystem luckrar jorden och ökar tillgängligheten av nästan alla näringsämnen. Sammanfattningsvis är daggmaskarnas förekomst i odlingsjordar en förutsättning för hög bördighet. Vi har därför i tillväxtprojektet 4T dels studerat antalet och vikten av daggmaskar på hösten, dels antalet daggmaskgångar i jorden.

I tabell 1 finns de olika arternas miljökrav.

*Aporrectodea rosea* och *Allolobophora chlorotica* förekommer oftast på rik mull, *Lumbricus rubellus* finns på fattig mull medan *Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea caliginosa* och *Aporrectodea longa* återfinns både på fattig och rik mull.

Tabell 1. De olika arternas miljökrav (Rundgren, 1972)

	pH	Markfuktighet	Föda	Vertikalfördeln.	Åker
<i>A. rosea</i>	++++	++	+	+++	+
<i>A. caliginosa</i>	+++	++	+	+++	++
<i>A. longa</i>	++++	++	++	+++	++
<i>A. chlorotica</i>	++++	+++	+	++	+
<i>L. rubellus</i>	++	+	++	++	
<i>L. terrestris</i>	+++	+	+++	+++	+

Förklaring av klasserna + till +++++

	pH	Markfuktighet	Föda	Vertikalfördeln.	Förekomst åker
+		Rel hög	mikromtrl	ytlevande	oregelbunden
++	3,2-6,5			intermediär	regelbunden
+++	4-7		makromtrl	djupgrävande	
++++	5-7	Mkt hög			

## Material och metoder

För att uppskatta daggmaskpopulationen användes den s.k. formalinmetoden. Metoden innebär att en plåt-cylinder (diameter 40 cm) slås ner i jorden och en formalinlösning hålls i cylindern och tillåts tränga ner i jorden. Maskarna kryper då upp till ytan och kan samlas in. 5 liter av en 0,275 %-ig lösning användes till 0,125 m<sup>2</sup>. Daggmaskarna räknas, väges och vuxna maskar artbestämmer.

Infiltrationen i ytskiktet studerades vid samma tillfälle som formalinmetoden användes.

Korrelationsanalys användes för att kartlägga samband mellan variabler. Endast signifikanta korrelationer på minst 5 %-nivå omnämns. Bra eller mycket bra korrelationer är på 1 %-nivå eller 0,1 %-nivå. Multipel regression användes för att analysera samband mellan de grupper av oberoende variabler som kan förklara de beroende variablerna. Som beroende variabler studerades antal daggmaskar och vikten av daggmaskar/m<sup>2</sup>. Diskriminantanalys är en multivariat analys som används för att utvärdera om olika variabler diskriminerar en grupp från en annan, t.ex. om materialet grupperas efter antalet daggmaskar och man analyserar vad som skiljer ytor med mycket daggmaskar från ytor med få daggmaskar.

Antalet maskgångar räknades på olika djup i de profilgropar som grävdes i provytorna. Masksumma (med variabelnamnet **masksum**) är ett index där man summerat antalet över alla djup. I botten på matjorden, på 20 centimeters djup, räknades också antalet maskgångar som gick lodrät (med variabelnamnet **masklod**).

## Resultat

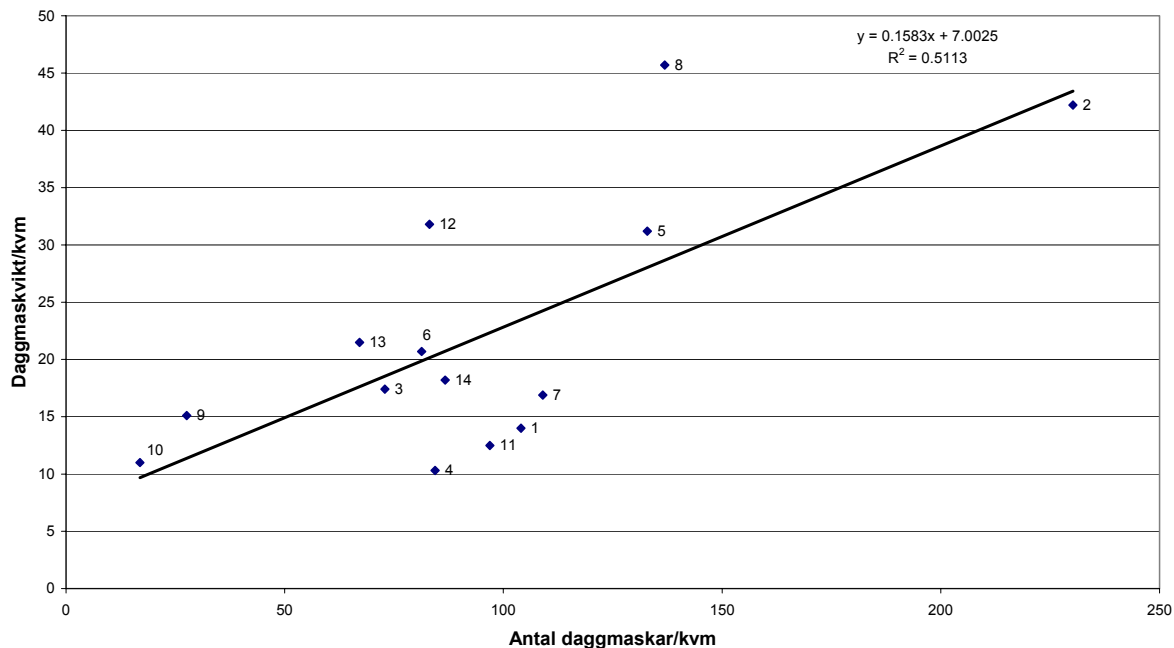
### Förekomst och arter

Daggmasksamhället kan karakteriseras genom artkomplex, antal individ och biomassa. Artkomplexet betecknas som fattigt under 4 arter och ganska fattigt med 5-6 arter. Biomassan (g/m<sup>2</sup>) är mycket låg under 5, låg mellan 5-10, ganska låg mellan 10-25 och ganska hög mellan 25-50 g/m<sup>2</sup>. Antalet/m<sup>2</sup> är ganska lågt mellan 25-50, ganska högt mellan 50-100 och högt mellan 100-200.

Fyra gårdar hade fattigt artkomplex medan övriga 10 hade ganska fattigt med 5-6 arter. Två gårdar hade ganska hög biomassa, 25-50, medan 9 gårdar hade ganska låg och 3 gårdar låg. Antalet individer var den faktor som klassades högst och 5 gårdar hade hög förekomst, 7 gårdar ganska hög och 2 gårdar ganska låg.

Sambandet mellan antal och vikt som medelvärden på gårdsnivå finns i figur 1 och artbestämningar finns i tabell 2.

Gårdar med husdjur hade flest daggmaskar, dvs gård 1, 2, 5, 7 och 8. Paret 11-12 hade också djur men nådde inte upp till lika höga nivåer som övriga djurgårdar. Gård 11 hade flest daggmaskar bland resterande gårdar och gård 12 högst vikt. I paren med olika gödselhantering hade gård 1 med flytgödsel både mindre vikt och antal av maskar. Gård 11 med flytgödsel hade mycket mindre vikt av daggmaskar.



Figur 1. Antal daggmaskar mot vikt på pargårdarna i medeltal över 3 år.

Tabell 2. Artbestämning av vuxna daggmaskar på pargårdarna, 1998-2000

Gårdsnr	<i>Lumbricus terrestris</i>	<i>Lumbricus rubellus</i>	<i>Aporrectodea caliginosa</i>	<i>Aporrectodea longa</i>	<i>Aporrectodea rosea</i>	<i>Allolobophora chlorotica</i>
1			4	31	12	13
2		6	13	44	37	31
3		6		14	6	25
4		1		6	4	
5	14	9	4	10	5	3
6	1	4	9	23	4	
7*	1	2	3	8	11	
8*	12	8	1	20	4	17
9	3	1		12	16	
10	5	1	3	6	13	
11	1	7		1	10	5
12	12	4	9	13	6	9
13	17		2	7	28	
14	15	3	4	12	32	
Totalt	81	52	52	207	188	103
%	12	8	8	30	28	15

\*siffrorna baseras bara på två år

Tabell 3

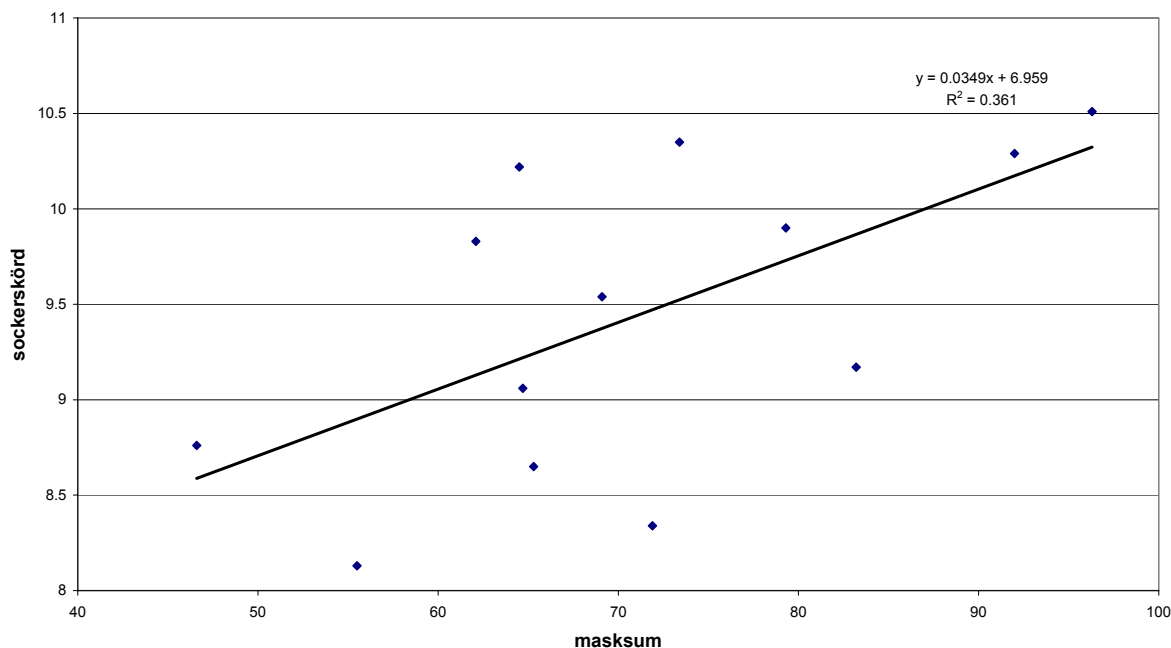
Gårdsnr	Antal arter totalt	Antal arter/år	Antal bestämda individ
1	4	3,0	60
2	5	3,7	131
3	4	2,3	51
4	3	1,0	11
5	6	4,0	45
6	5	3,0	41
7	5	3,5	25
8	6	5,0	62
9	4	2,3	32
10	5	3,0	28
11	5	3,0	24
12	6	4,3	53
13	5	3,7	54
14	6	3,0	76

Två arter hittades på alla gårdarna (*A. longa* och *A. rosea*), en art hittades på 12 av gårdarna (*L. rubellus*), två arter hittades på 10 av gårdarna (*L. terrestris* och *A. caliginosa*) och en art hittades på 7 av gårdarna (*A. chlorotica*).

### Maskgångar

Signifikanta korrelationer mellan maskgångar och antal dagmaskar fanns bara på markdjupet 20 centimeter.

Summeringen av dagmaskgångar var på fältnivå däremot signifikant korrelerad med renhet, betskörd, sockerskörd och provskörd 4 i augusti. Lodrätta maskgångar var signifikant korrelerade med renhet och skörd 3 i juli.



Figur 2. Antalet maskgångar summerade över olika djup mot sockerskörd i medeltal för 3 år (Ej gård 11).

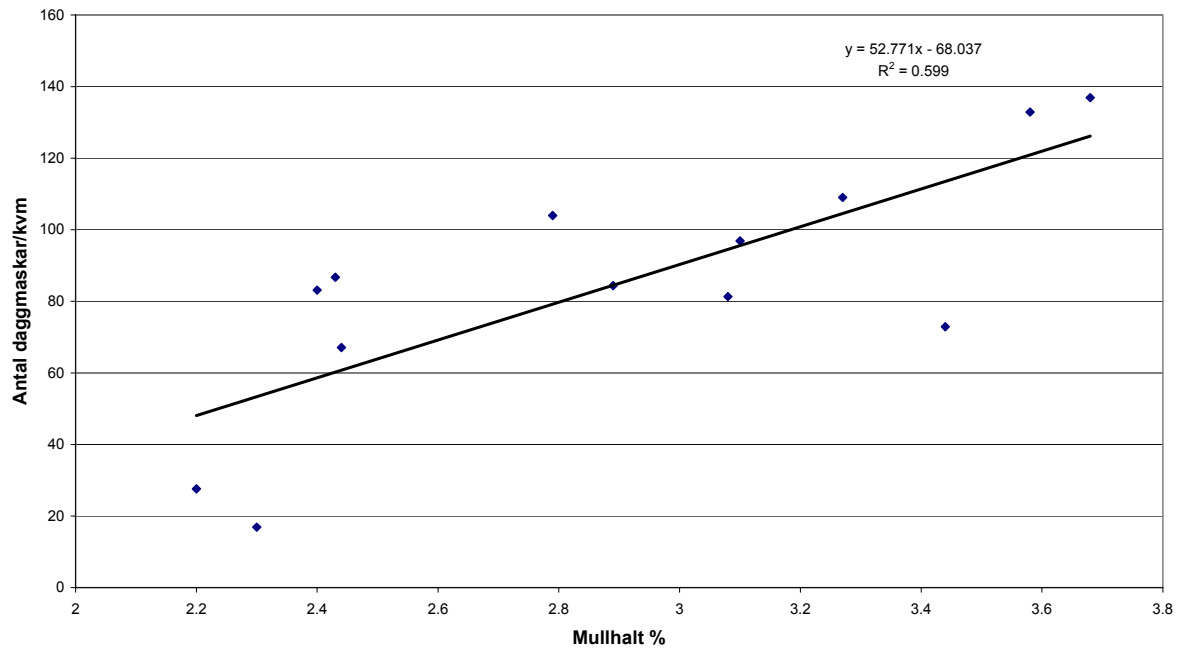
### Korrelationer

Korrelationerna mot antal dagmaskar och dagmaskvikt är relativt entydiga och det som går igen de enskilda åren och i sammanställningarna är de starka positiva korrelationerna med mullhalt och kaliumhalt, främst i matjorden men även i alven. En annan stark positiv korrelation fanns mot förekomsten av *Onychiurus*. Korrelationer mot mullhalt och kaliumhalt visas i figur 3 och 4 respektive.

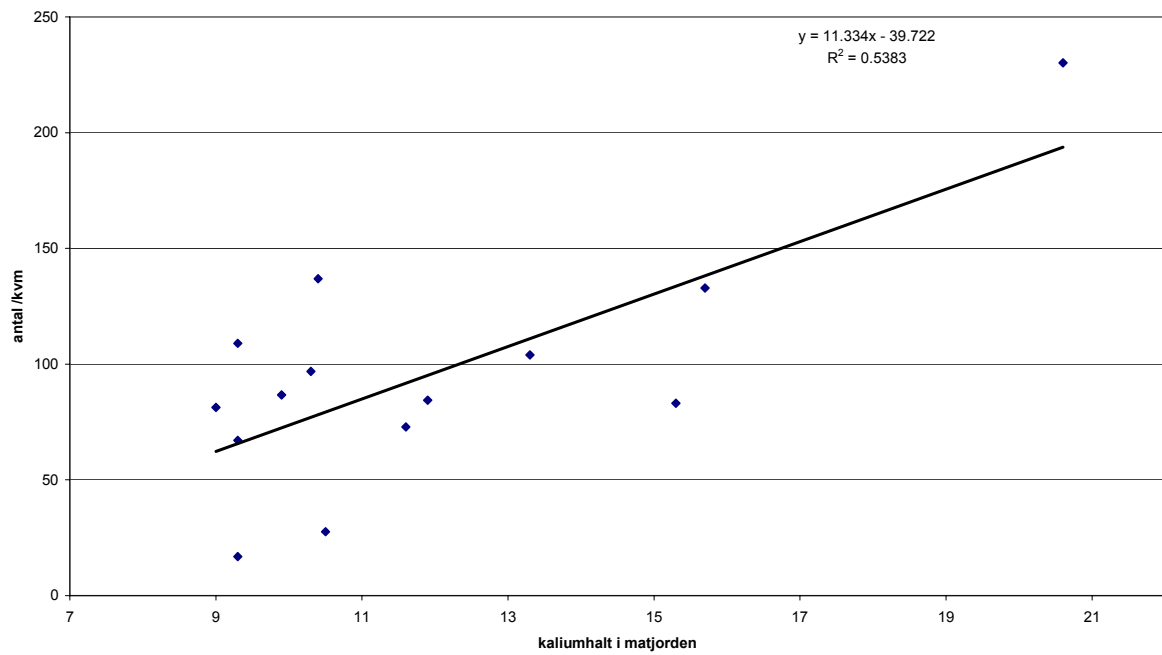
Negativa korrelationer finns med nivåerna av Cu och Zn som är uppmätta i växtnäringanalyser på betorna. Positiva korrelationer finns mot skördarna under sommaren men inte mot slutskörden.

### Multipel regression

I den multipla regressionen är det återigen mullhalten och kaliumhalten i matjorden som förklarar en stor del av dagmaskförekomsten. En modell med mullhalt och kaliumhalt i matjorden och pH i alven förklarar 44 % av dagmaskförekomsten. Även infiltration och porositet i plogsulan och alven framträder i regressionsmodellerna.



Figur 3. Mullhalt i matjorden mot antalet daggmaskar i medeltal för 3 år.



Figur 4. Kaliumhalt i matjorden mot antal daggmaskar i medeltal för 3 år.



## Diskriminantanalys

### *Antal daggmaskar, diskriminantanalys fältnivå 1998-2000*

Materialet delades in i grupper efter antal daggmaskar. Fält med mer än 70 st/m<sup>2</sup> hamnade i en grupp. Dessa utgjorde 20 av totalt 42 ytor eller 48 %.

Diskriminerande variabler var mullhalt och kaliumhalt i matjorden samt pH i alven. Med dessa tre variabler klassades 81 % av ytorna i rätt klass med avseende på antalet daggmaskar. Enbart mullhalten i matjorden klassar 69 % av fälten rätt.

*Tabell 4. Diskriminantanalys av antalet daggmaskar på fältnivå 1998-2000*

	<b>Grupp 1 &lt; 70 daggmaskar/m<sup>2</sup></b>	<b>Grupp 2 &gt; 70 daggmaskar/m<sup>2</sup></b>
Antal daggmaskar/m <sup>2</sup>	37	148
Vikt daggmaskar g/m <sup>2</sup>	13	31
Plantantal 1000/ha	79	84
Sockerskörd ton/ha	9,9	9,2
<b>Diskriminerande variabler</b>		
Mullhalt i matjorden	2,6	3,2
Kaliumhalt i matjorden	10,9	12,8
pH i alven	7,3	7,4

### **Daggmaskvikt, diskriminantanalys ytnivå 1999-2000**

Materialet delades in i grupper efter daggmaskvikten. Ytor med högre vikt än 15g/m<sup>2</sup> visar på bättre plantantal och en positiv skillnad också i slutskörd.

*Tabell 5. Diskriminantanalys av daggmaskvikt på ytnivå 1999-2000*

	<b>Grupp 1 &lt; 15 g/m<sup>2</sup></b>	<b>Grupp 2 &gt; 15 g/m<sup>2</sup></b>
Plantantal 1000/ha	76	84
Sockerskörd ton/ha	9,8	10,1

## Diskussion

Daggmaskförekomsten var ganska hög på de flesta djurgårdarna medan förekomsten på vissa växtodlingsgårdar var låg både i antal och biomassa. Artkomplexet var fattigt på många av gårdarna och sämst på gård 4 där vi bara hittade vuxna av en art respektive år. Gård 4 har tidigare spridit stora mängder rötslam och hade relativt höga nivåer av Cu och Zn i betan. Tungmetaller är kända för att vara skadliga för daggmaskar (Mohammed, 1995).

Mullhalten i matjorden förklarar tillsammans med kaliumhalten en stor del av förekomsten. Att markfaunan är beroende av mullhalt är välkänt och ett riktmärke som brukar uppges är att man ska ha över 4 % mull för att ha en levande jord. Under 3 % mull är faunan oftast fattig (Hermann & Plakolm, 1993). De lägsta förekomsterna konstaterades på två gårdar med mullhalt 2,2%. Kaliumhalten kan vara en förklaring till daggmaskförekomsten men också ett re-

sultat eftersom daggmaskarna ökar tillgängligheten på kalium (Basker et al., 1992). Det är främst en gård med mycket hög kaliumhalt som också har högsta daggmaskförekomsten.

Av markfysikaliska faktorer var daggmaskförekomsterna signifikant korrelerade med infiltrationen i matjord och alv samt totala vertikala infiltrationen (kvert). Även för porositeten i plogsula och alv fanns signifikanta korrelationer. Detta är i överensstämmelse med Clive et al. (1988) som visade på ökning i jordens porositet och Joschko et al. (1989) som visade på en ökning i den mättade vattengenomsläppligheten till följd av daggmaskförekomsten.

Det fanns ingen signifikant korrelation mellan slutskörd och daggmaskar över alla åren och det beror kanske på att de två gårdar som hade allra mest daggmaskar är två medelgårdar. För de två sista åren fanns dock ett samband mellan daggmaskarnas biomassa och sockerskörd. Daggmaskarna gynnade också övrig fauna (Wickenbrock & Heisler, 1997) som *Onychiurus* och detta kan vara en skördebegränsande faktor genom att detta kan resultera i skador. Samma förhållande har också visats av Sackville et al. (1991) för harkrankar.

Det fanns inga signifikanta samband mellan daggmaskgångar och antalet daggmaskar i jorden fränsett på nivån 20 cms djup i jorden. De största gångarna kan emellertid kvarstå i jorden under många år och därför kan korrelationer mellan antalet gångar och antalet daggmaskar vara osäkra. Det fanns i överensstämmelse med detta dock signifikanta korrelationer mellan summerade antalet av daggmaskgångarna och betskörd, sockerskörd och renhet. Även antalet lodräta daggmaskgångar var signifikant korrelerat med renhet och skörden i juli. Att renheten blir bättre med mycket daggmaskgångar kan bero på att aggregatstrukturen förbättras (Tisdall & Oades, 1982) och jorden faller lättare av betan vid upptagning.

Två medelgårdar hade mycket daggmaskar och bedömdes i profilgruperna ha en större bördighet än vad skördarna utvisade.

## Sammanfattning

- Mullhalten bestämde daggmaskförekomsten.
- Daggmaskarna ökade tillgängligheten av kalium i jorden.
- Daggmaskarna ökade den vertikala infiltrationen och porositeten i jorden.
- Daggmaskarna gynnade övrig markfauna inkluderande skadedjuren.
- Antalet daggmaskgångar var korrelerat med betskörd, sockerskörd och renhet.
- Daggmaskarna ökar jordens bördighet men deras närvaro i stor mängd är troligen inte direkt nyttig. De ökar möjligheten för skadedjur att röra sig längs gångarna där rötterna också finns och kan troligen själv skada rötterna då de rör sig i gångarna.
- Daggmaskgångarna dvs resultatet av daggmaskarnas aktiviteter ger en bättre uppfattning om bördigheten än den aktuella daggmaskpopulationen.
- Daggmaskförekomsterna varierade mycket mellan gårdarna. Djurgårdarna hade fler daggmaskar än växtodlingsgårdarna och allra minst hade några gårdar med så låg mullhalt i matjorden som 2,2 %. På sikt behöver dessa gårdar vidtaga åtgärder för att öka daggmaskpopulationerna och infiltration och porositet i jorden.

## Litteratur

- Basker, A., MacGregor, A. N. & Kirkman, J. H. 1992. Influence of soil ingestion by earthworms on the availability of potassium in soils. *Biology and fertility of soils*, 14(4); 300-303.
- Bieri, M. & Besson, J. M. 1986. The variable influences of concentrated liquid manure on the earthworm population of a cultivated pasture. *Bulletin Bodenkundliche Gesellschaft der Schweiz*, No 10; 31-38.
- Bieri, M. & Besson, J. M. 1987. The influence of differently processed slurries on the earthworm population of a seeded pasture. *Schweizerische Landwirtschaftliche Forschung*, 26:4; 499-506.
- Boström, U. 1986. The effect of soil compaction on earthworms in a heavy clay soil. *Swedish J. Agric.Res.*, 16; 137-141.
- Briones, M. J. I., Mascato, R. & Mato, S. 1997. Autecological study of some earthworm species by means of ecological profiles. *Pedobiologica*, 39; 97-106.
- Clements, R. O., Lee, K. E., 1982. Some consequences of large and frequent pesticide applications to grassland. *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> Australian Conference on Grassland Invertebrate Ecology*; 393-396.
- Clive, A. E. & Neuhauser, E. F. 1988. *Earthworms in waste and environmental management*. SPB Academic publishing.
- Brady, N. C. 1974. *The nature and properties of soils*. 8<sup>th</sup> edition. Macmillan Publishing Co. New York.
- Daugbjerg, P., Hinge, J., Jensen, P. and Sigurdadottir, H. 1987. *Regnormes økologi i lantbrugsjord*. Specialrapport Zoologisk laboratorium, Aarhus universitet.
- Eiler, T., Vetter, H., Przemek, E., Beck, T. 1991. The influence of a long term stepwise pig slurry applications on earthworm population, microbiological and physical properties of the soil. *Umweltaspekte der Tierproduktion. Vorträge zum Generalthema des 103 VDLUFA-Kongresses in Ulm*;697-702.
- Herrmann, G. & Plakolm, G. 1993. *Ökologischer Landbau. Grundwissen für die Praxis*. Österreichischer Agrarverlag Wien.
- Joschko, M., Diestel, H. & Larink, O. 1989. Assessment of earthworm burrowing efficiency in compacted soil with a combination of morphological and soil physical measurements. *Biol Fert Soils*, 8; 191-196.
- Lee, K. E. & Foster, R. C. 1991. Soil fauna and soil structure. *Aust. J. Soil Res.*, 29; 745-75.
- Marinissen, J. C. Y. 1994. Earthworm populations and stability of soil structure in a silt loam soil of recently reclaimed polder in the Netherlands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 51; 75-87.
- Mohammed, A. M. 1995. Effect of soil contamination on the role earthworms play in the liberation of potassium. *Revue d'Ecologie*, 50(2);141-152.
- Poier, K. R., Richter, J. 1991. The influence of mechanical load and management practice on earthworm populations in arable parabraunerde soils. *Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft*, 66:1; 565-568.
- Rundgren, S. 1972. *Daggmaskens när, var, hur?* Kompendium zoökologi, Lund.
- Sackville-Hamilton, C. A. G., Cherrett, J. M., Atkinson, D. 1991. The development of clover and ryegrass root systems in a pasture and their interactions with the soil fauna. *Plant-root-growth: an ecological perspective*. British Ecological Society Special Publication, No 10; 291-301.
- Sochtig, W. & Larink, O. 1992. Effects of soil compaction on activity and biomass of endogeic lumbricids in arable soil. *Soil Biology and biochemistry*. Vol 24, Nr 12; 1595-1599.

- Springett, J. & Gray, R. 1997. The interaction between plant roots and earthworm burrows in pasture. *Soil biology & biochemistry*. Vol 29, Nr 3-4; 621-625.
- Tisdall J. M. & Oades J. M. 1982. Organic matter and waterstable aggregates in soils. *Journal of soil science*, 33; 141-163.
- Whalley, W. R., Dumitru, E. & Dexter A. R. 1995. Biological effects of soil compaction. *Soil & Tillage research*. Vol 35, Nr 1-2; 53-68.
- Wickenbrock, L. & Heisler, C. 1997. Influence of earthworm activity on the abundance of collembola in soil. *Soil biology & biochemistry*. Vol 29, Nr 3-4; 517-521